

SIFAT FISIK DAN MEKANIK BETON RINGAN (*LIGHTWEIGHT CONCRETE*) YANG MEMAKAI STYROFOAM DAN PASIR SILIKA

Fauzi Rahman¹

ABSTRAK - Penelitian ini dilatarbelakangi pemikiran untuk memanfaatkan kembali limbah styrofoam (bekas pembungkus monitor) yang banyak terdapat di lapangan yang selama ini tidak bisa dimusnahkan ataupun didaur ulang. Pemanfaatan limbah ini dimaksudkan agar tidak mengotori lingkungan dan bahkan bisa bernilai komersial. Selain itu, penelitian ini merupakan upaya untuk mencari bahan alternatif lain pengganti batu bata. Salah satunya yaitu dengan menggunakan campuran semen portland, pasir silika dan styrofoam untuk pembuatan beton ringan non struktur.

Pasir silika dihaluskan menjadi serbuk yang tertahan 22,44 % pada saringan no. 325 dan styrofoam yang digunakan dalam bentuk butiran-butiran kecil yang lolos saringan 9,5 mm. Penelitian ini diawali dengan tes mortar dengan kadar pasir silika 0%, 30%, 40 %, 50 % dari berat pasir silika+semen. Kemudian salah satu komposisi campuran mortarnya diambil yang akan dikombinasikan dengan styrofoam untuk tes beton dengan kadar styrofoam 3%, 3,5 %, 4 % dari berat pasir silika+semen.

Dari hasil pengujian mortar, komposisi campuran yang diambil adalah pasir silika 40 % dan semen 60 %. Pada pengujian beton, semakin besar kadar styrofoam maka semakin kecil berat volume, kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur betonnya. Komposisi campuran beton dengan kadar styrofoam 3,5 % dan 4 % yang dapat dikategorikan sebagai beton ringan non struktur untuk dimanfaatkan sebagai bahan dinding panel/isolasi.

Kata kunci : beton ringan , pasir silika, semen portland, styrofoam.

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan merupakan masalah yang mengkhawatirkan pada saat ini. Kebutuhan yang semakin kompleks menuntut perkembangan industri yang pesat, namun dipihak lain limbahnya menimbulkan masalah lingkungan. Begitu juga dengan persoalan sampah styrofoam yang selama ini tidak bisa dimusnahkan ataupun didaur ulang. Kondisi dilematis ini membutuhkan suatu cara untuk memanfaatkan kembali limbah industri/sampah agar diperoleh sesuatu yang bermanfaat dan bernilai ekonomi/komersial.

Penelitian ini adalah memanfaatkan limbah styrofoam (bekas pembungkus monitor) yang banyak terdapat di lapangan dicampur dengan pasir silika dan semen portland untuk pembuatan beton ringan nonstruktur. Campuran beton ini merupakan bahan alternatif pengganti batu bata.

Styrofoam yang digunakan adalah sebagai pengganti agregat dalam campuran beton yang mempunyai berat cukup ringan yaitu sekitar 13 kg/m³ sampai 15 kg/m³, sehingga beton yang dihasilkan akan lebih ringan dibandingkan dengan batako atau batu bata pada umumnya (Iman Satyarno 2004). Biaya pembuatan yang relatif cukup murah karena memanfaatkan limbah/sampah.

¹ FTeknik – Universitas Lambung Mangkurat

Sedangkan pasir silika dapat digunakan sebagai pengganti semen yang mempunyai kandungan silikadioksida (SiO_2) mencapai lebih dari 90% dalam bentuk silica fume (Hurijanto Koentjoro 1993), sehingga diharapkan dapat meningkatkan kekuatannya dibandingkan dengan menggunakan pasir biasa. Pasir silika yang digunakan pada penelitian ini akan dilakukan penghalusan (*grinding*) terlebih dahulu, kemudian dicari kandungan senyawa kimianya melalui penelitian secara kimia yang diharapkan menghasilkan kehalusan dan senyawa-senyawa yang kadarnya memenuhi syarat sebagai material pozzolan.

Penelitian ini bertujuan untuk:

- Mengetahui kuat tekan dari mortar (semen+pasir silika) dengan melakukan penelitian meliputi : pembuatan dan perawatan mortar dan tes tekan serta kuat tarik.
- Mengetahui berat volume, kuat tekan dan kuat lentur serta kuat tarik beton (semen+pasir silika+styrofoam) dengan melakukan penelitian meliputi: pembuatan dan perawatan beton, tes tekan, tes lentur dan tes tarik.

Kontribusi penelitian ini diharapkan akan dihasilkan beton ringan nonstruktur yang kuat, murah, awet, mudah dikerjakan, dan dapat dibuat elemen struktur seperti dinding panel/isolasi.

Penelitian ini dibatasi hanya pada pembahasan masalah jenis material pembentuk campuran beton ringan saja.

KAJIAN PUSTAKA

a. Semen Portland (*Portland Cement*)

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C150,2003, semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat.

b. Air

Air merupakan salah satu bagian yang penting dalam pembuatan beton, karena air diperlukan sebagai pereaksi terhadap semen serta menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan (Tjokrodinuljo, 1996). Semen tidak akan berfungsi apa-apa tanpa bereaksi dengan air. Oleh sebab itu kualitas air yang digunakan harus benar-benar dikontrol dan sesuai dengan standar yang telah ditentukan (*Portland Cement Association, Principles of Quality Concrete, 1975*).

c. Pasir Silika

Pasir silika adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika (SiO_2) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir silika juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti silika dan feldspar. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang terendapkan di tepi-tepi sungai, danau atau laut ([Http://www.tekmira.esdm.go.id/kp/informasiPertamb/index.asp](http://www.tekmira.esdm.go.id/kp/informasiPertamb/index.asp)).

Pasir silika yang dibuat menjadi serbuk yang disebut serbuk silika, dapat dipakai sebagai bahan tambahan dalam campuran beton untuk meningkatkan kekuatan. Penambahan serbuk silika sebanyak 30% dapat meningkatkan kekuatan tekan sampai 40%, kekuatan tarik 20% dan kekuatan lentur 4% (Hurijanto Koentjoro, 1993).

d. Styrofoam (*Expanded Polystyrene*)

Styrofoam atau *expanded polystyrene* dikenal sebagai gabus putih yang biasa digunakan untuk membungkus barang elektronik. *Polystyrene* merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu dibawah 100°C (Billmeyer 1984). *Polystyrene* memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m^3 , kuat tarik sampai 40 MN/m^2 , modulus

lentur sampai 3 GN/m², modulus geser sampai 0.99 GN/m², angka poisson 0.33 (Crawford, 1998).

Iman Satyarno (2004) menggunakan semen putih dan styrofoam untuk pembuatan beton styrofoam ringan yang disebut dengan Batafoam. Kesimpulannya adalah bahwa semakin banyak kandungan styrofoam yang digunakan maka berat jenis beton semakin kecil, kuat tekan dan kuat lentur beton juga semakin kecil.

e. Beton Ringan (*Lightweight Concrete*)

Menurut SNI 2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m³. Iman Satyarno (2004) menyebutkan, menurut Dobrowolski (1998), Neville dan Brooks (1987) pembagian penggunaan beton ringan berdasarkan berat jenis dan kuat tekan minimum yang harus dipenuhi dapat dilihat pada Table 1.

Tabel 1 Pembagian beton ringan menurut penggunaan dan persyaratannya

| Pustaka | Jenis Beton Ringan | Berat Jenis (kg/m ³) | Kuat Tekan (MPa) |
|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------------|
| Dobrowolski (1998) | Beton dengan berat jenis rendah | 240 - 800 | 0,35 – 6,9 |
| | Beton ringan dengan kekuatan menengah | 800 - 1440 | 6,9 – 17,3 |
| | Beton ringan struktur | 1440 - 1900 | > 17,3 |
| Neville and Brooks (1987) | Beton ringan struktur | 1400 - 1800 | > 17 |
| | Beton ringan untuk pasangan batu | 500 - 800 | 7 – 14 |
| | Beton ringan penahan panas | < 800 | 0,7 – 7 |

Kesimpulannya, Satyarno (2004) menyebutkan bahwa secara garis besar kalau diringkas pembagian penggunaan beton ringan dapat dibagi tiga yaitu:

- Untuk nonstruktur dengan berat jenis antara 240 kg/m³ sampai 800 kg/m³ dan kuat tekan antara 0,35 MPa sampai 7 MPa yang umumnya digunakan seperti untuk dinding pemisah atau dinding isolasi.
- Untuk struktur ringan dengan berat jenis antara 800 kg/m³ sampai 1400 kg/m³ dan kuat tekan antara 7 MPa sampai 17 MPa yang umumnya digunakan seperti untuk dinding yang juga memikul beban.
- Untuk struktur dengan berat jenis antara 1400 kg/m³ sampai 1800 kg/m³ dan kuat tekan lebih dari 17 MPa yang dapat digunakan sebagaimana beton normal.

f. Material Pozzolan

ASTM C618-03 mendefinisikan pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan aluminium silika yang tidak mempunyai sifat perekat (sementasi) pada dirinya sendiri, tetapi dengan butirannya yang sangat halus bisa bereaksi dengan kapur dan air membentuk bahan perekat (senyawa yang bersifat hidrolis) pada temperatur normal.

Spesifikasi Kimia dan Fisika Menurut ASTM C618-03 untuk material yang bersifat pozzolan jenis N (natural pozzolan) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Kimia dan Fisika menurut ASTM C618-03

| Ketentuan Kimiawi | Jenis N |
|---|---------|
| Oksida Silika (SiO ₂) + Oksida Alumina (Al ₂ O ₃) + Oksida Besi (Fe ₂ O ₃), minimum % | 70.0 |
| Trioksida Sulfur (SO ₃), maksimum % | 4.0 |
| Kadar Air, maksimum % | 3.0 |
| Ketersediaan alkali (Na ₂ O), maksimum % | 1.5 |
| Ketentuan Fisika | Jenis N |
| Kehalusan, maksimum % (tertahan ayakan no 325) | 34 |

METODE PENELITIAN

Pembuatan dan perawatan benda uji dilakukan berdasarkan standart ASTM C192/C192M-02. Perawatan dilakukan dengan cara perendaman dengan air yang dapat digunakan untuk pekerjaan beton.

Peralatan yang diperlukan adalah :

- Mesin pengaduk Standar ASTM C 305
- Tempat pengaduk
- Alat pengaduk
- *Stop Watch* (Pengukur Waktu)
- Cetakan berbentuk kubus $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ untuk benda uji mortar pada tes kuat tekan
- Cetakan silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm untuk benda uji beton pada tes kuat tekan dan tes kuat tarik
- Cetakan berbentuk balok $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}^3$ untuk benda uji beton pada tes kuat lentur
- Mesin tekan *Torsee's Universal Testing Machine*

Bahan yang diperlukan adalah : semen, pasir silika dan air serta styrofoam.

a. Penelitian Material Dasar

1). Air

Air yang akan digunakan diambil dari Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya (standar air dapat diminum/air PDAM Surabaya).

2). Semen Portland

Semen yang akan digunakan adalah semen Portland tipe I produksi PT Semen Gresik, dengan standar mutu mengacu pada ASTM C150-02 dan SNI 15-2049-94. Pengujian tidak dilaksanakan sendiri di laboratorium tetapi menggunakan hasil pengujian dari PT. Semen Gresik (Persero) Tbk.

3). Pasir silika

Pasir silika diambil dari Kabupaten Tuban. Pasir silika ini dihaluskan dengan alat penggiling *Bond Ball Mill* sebanyak 52000 putaran sehingga menjadi serbuk. Kemudian serbuk pasir silika dites kimia untuk

mengetahui besarnya kadar senyawa-senyawa yang ada pada pasir silika tersebut. Pasir silika juga dites fisika meliputi : *Specific gravity* (berat jenis), *Unit Weight* (berat volume) dan analisa *amount retained when wet-sieved on $45 \mu\text{m}$ (No. 325) sieve* (analisa saringan tertahan saringan no. 325)

4). Styrofoam

Styrofoam diambil dari limbah yang banyak terdapat di lapangan. Styrofoam yang digunakan sudah dalam bentuk butiran-butiran kecil yang diperoleh dengan cara memarutkan bekas kotak monitor (limbah styrofoam) tersebut ke sikat paku. Sikat paku dibuat dengan jarak antar paku adalah 1 cm dan kedalamannya 1 cm. Percobaan yang dilakukan adalah menyaring styrofoam yang sudah diparut dengan saringan $3/8 \text{ inch}$ (9,5 mm) kemudian menghitung berat volume styrofoam yang telah lolos saringan tersebut.

b. Pengujian Pasta dan Mortar

Untuk tahap penelitian mortar kombinasi pasir silika adalah 0 %, 30 %, 40 % dan 50 % dari berat semen+pasir silika dengan faktor air semen (fas) 0,35. Untuk kombinasi pasir silika 0 % (100 % semen) disebut dengan **pasta**. Sedangkan kombinasi pasir silika 30 %, 40 % dan 50 % disebut dengan **mortar**. Untuk tes tekan hancur, benda uji berbentuk kubus dengan ukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$, masing-masing kombinasi sebanyak 15 buah dan dites pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari berdasarkan standart ASTM C109/C109M-02.

c. Pengujian Beton

Dari hasil tes tekan mortar diambil salah satu komposisi campuran mortar yang akan dikombinasikan dengan styrofoam. Kombinasi styrofoam yang digunakan adalah 3 %, 3,5%, dan 4 % dari berat pasir silika+semen dengan fas 0,4. Benda uji untuk tes kuat tekan dan tes kuat tarik berbentuk silinder berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Sedangkan benda uji untuk kuat lentur berbentuk balok berukuran $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}^3$. Adapun kombinasi styrofoam dan jumlah benda uji dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Rancangan jumlah benda uji beton

| Pengujian | Persentase styrofoam terhadap berat pasir silika+semen | | | Umur benda uji |
|--|--|------|------|----------------|
| | 3 % | 3,5% | 4% | |
| Uji Kuat Tekan ASTM C39/C39M-01 | 6 bh | 6 bh | 6 bh | 28 hari |
| Uji Kuat Lentur ASTM C78-02 | 3 bh | 3 bh | 3 bh | 28 hari |
| Uji Kuat Tarik | 3 bh | 3 bh | 3 bh | 28 hari |

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil penelitian Material Dasar

1). Pasir Silika

Hasil analisa kimia dan fisika pasir silika dapat dilihat pada tabel 4. dan tabel 5.

Tabel 4. Hasil Tes Kimia Pasir Silika

| No. | Parameter | Kadar (%) |
|-----|--------------------------------|-----------|
| 1 | SiO ₂ | 29,73 |
| 2 | Al ₂ O ₃ | 1,97 |
| 3 | Fe ₂ O ₃ | 1,88 |
| 4 | CaO | 3,68 |
| 5 | MgO | 3,83 |
| 6 | SO ₃ | 5,64 |
| 7 | Na ₂ O | 2,13 |
| 8 | K ₂ O | 5,51 |

Tabel 5. Hasil Tes Fisika Pasir Silika

| Tes Fisika | | |
|------------|--|-------|
| 1 | Pasir silika yang sudah dihaluskan | |
| | <i>Specific gravity</i> (Berat Jenis) | 2,632 |
| | <i>Unit Weight</i> (Berat Volume) lepas, gr/cm ³ | 1,18 |
| | <i>Unit Weight</i> (Berat Volume) tumbuk, gr/cm ³ | 1,24 |
| | Kehalusan (tertahan ayakan no.325), % | 22,44 |

| | | |
|----------|---|------|
| 2 | Pasir silika tanpa dihaluskan | |
| | <i>Unit Weight</i> (Berat Volume) lepas, gr/cm ³ | 1,48 |

Tabel 6. Spesifikasi Kimia dan Fisika menurut ASTM C618-03 dan hasil tes

| Ketentuan Kimiawi | Jenis N | Hasil Tes |
|---|---------|-----------|
| Oksida Silika (SiO ₂) + Oksida Alumina (Al ₂ O ₃) + Oksida Besi (Fe ₂ O ₃), minimum % | 70.0 | 33,58 |
| Trioksida Sulfur (SO ₃), maksimum % | 4.0 | 5,64 |
| Kadar Air, maksimum % | 3.0 | - |
| Ketersediaan alkali (Na ₂ O), maksimum % | 1.5 | 2,13 |
| Ketentuan Fisika | Jenis N | Hasil Tes |
| Kehalusan, maksimum % (tertahan ayakan no 325) | 34 | 22,44 |

Dari tabel 6. dapat dilihat hasil analisa kimia terhadap pasir silika dan didapatkan jumlah persentase kadar Oksida Silika (SiO₂), Oksida Alumina (Al₂O₃) dan Oksida Besi (Fe₂O₃) secara kumulatif adalah sebesar 33,58 %. Jumlah ini kurang dari 70 % yang disyaratkan ASTM 628-03. Begitu juga dengan Trioksida Sulfur (SO₃) yang disyaratkan maksimum 4,0 % ternyata 5,64 % serta ketersediaan alkali (Na₂O) adalah 2,13 % lebih dari 1,5 %. Ditinjau dari segi kandungan senyawa kimia maka pasir silika ini tidak memenuhi syarat sebagai bahan pozzolan. Sedangkan dari segi kehalusan yang tertahan ayakan no.325 adalah sebesar 22,44 %, besarnya ini kurang dari 34 % yang disyaratkan berarti memenuhi syarat ukuran butiran pozzolan.

2). Styrofoam

Styrofoam yang telah diparut, kemudian disaring sehingga lolos saringan 9,5 mm dan dihitung berat volumenya pada tabel 5. Berat volume styrofoam adalah 0,013 gr/cm³ (13 kg/m³), hal ini sesuai dengan pernyataan Iman Satyarno (2004) bahwa styrofoam mempunyai berat volume sekitar 13 kg/m³

sampai 15 kg/m^3 yang cukup ringan untuk campuran beton ringan.

Tabel 7. Perhitungan berat volume styrofoam

| Jenis Percobaan | |
|---|-------|
| Berat bohler (w_1), gr | 1070 |
| Berat bohler + Styrofoam (w_2), gr | 1096 |
| Berat styrofoam ($w_2 - w_1$), gr | 26 |
| Volume bohler (v), cm^3 | 2000 |
| Berat volume = $(w_2 - w_1)/v$, gr/cm^3 | 0,013 |

b. Hasil Pengujian Pasta dan Mortar

Kuat Tekan Pasta dan Mortar

Hasil tes kuat tekan Pasta dan Mortar dapat dilihat pada tabel 8., tabel 9., tabel 10. dan Tabel 11.

Tabel 8. Hasil Tes Kuat Tekan Pasta
PC:0,35:0:100

| No | Kode | Umur (hari) | Kuat Tekan Rata-rata (MPa) |
|----|---------------|-------------|----------------------------|
| 1 | PC:0,35:0:100 | 3 | 33,973 |
| 2 | PC:0,35:0:100 | 7 | 40,053 |
| 3 | PC:0,35:0:100 | 14 | 51,173 |
| 4 | PC:0,35:0:100 | 21 | 56,533 |
| 5 | PC:0,35:0:100 | 28 | 63,267 |

Tabel 9. Hasil Tes Kuat Tekan Mortar
MC0,35:30:70

| No | Kode | Umur (hari) | Kuat Tekan Rata-rata (MPa) |
|----|---------------|-------------|----------------------------|
| 1 | MC:0,35:30:70 | 3 | 30,400 |
| 2 | MC:0,35:30:70 | 7 | 38,267 |
| 3 | MC:0,35:30:70 | 14 | 39,947 |
| 4 | MC:0,35:30:70 | 21 | 41,080 |
| 5 | MC:0,35:30:70 | 28 | 56,267 |

Tabel 10. Hasil Tes Kuat Tekan Mortar
MC:0,35:40:60

| No | Kode | Umur (hari) | Kuat Tekan Rata-rata (MPa) |
|----|---------------|-------------|----------------------------|
| 1 | MC:0,35:40:60 | 3 | 30,507 |
| 2 | MC:0,35:40:60 | 7 | 31,413 |
| 3 | MC:0,35:40:60 | 14 | 32,560 |
| 4 | MC:0,35:40:60 | 21 | 36,213 |
| 5 | MC:0,35:40:60 | 28 | 40,933 |

Tabel 11. Hasil Tes Kuat Tekan Mortar
MC:0,35:50:50

| No | Kode | Umur (hari) | Kuat Tekan Rata-rata (MPa) |
|----|---------------|-------------|----------------------------|
| 1 | MC:0,35:50:50 | 3 | 20,267 |
| 2 | MC:0,35:50:50 | 7 | 23,067 |
| 3 | MC:0,35:50:50 | 14 | 28,400 |
| 4 | MC:0,35:50:50 | 21 | 28,987 |
| 5 | MC:0,35:50:50 | 28 | 31,760 |

Keterangan : MC:0,35:A:B ; PC:0,35:0:100

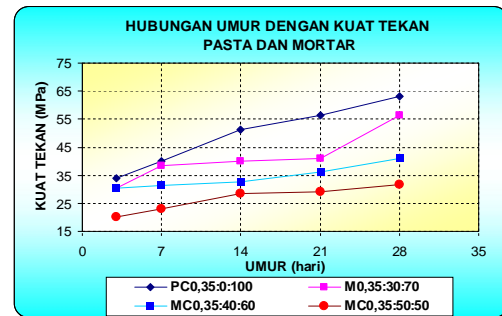
M = Mortar ; P = Pasta

C = *Compressive* (untuk kuat tekan)

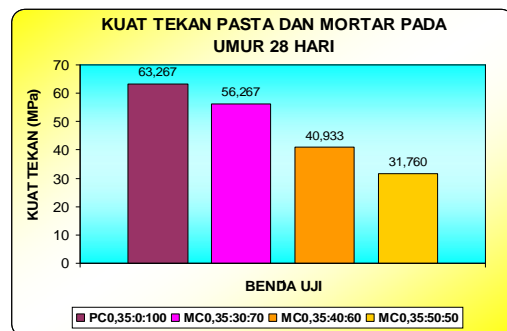
0,35 = faktor air semen (fas)

A = persentase pasir silika ;

B = persentase semen



Gambar 1. Grafik Hubungan Umur dengan Kuat tekan Pasta dan Mortar



Gambar 2. Grafik Kuat tekan Pasta dan Mortar Umur 28 hari

Dari gambar 1. menunjukkan bahwa semakin meningkat umur pasta maupun mortar maka sama-sama semakin meningkat kekuatan tekannya. Dari gambar 2. terlihat bahwa pada umur 28 hari, untuk mortar dengan kadar pasir silika 30 % (MC:0,35:30:70) kuat tekannya sebesar 56,267 Mpa, kekuatannya menurun 11 % jika dibandingkan dengan kuat tekan pasta normal sebesar 63,267 Mpa dan untuk mortar dengan kadar pasir silika 40 % (MC:0,35:40:60) dengan kuat tekannya sebesar 40,933 Mpa, kekuatannya menurun 35,3 %. Begitu juga mortar dengan kadar pasir silika 50 % (MC:0,35:50:50) yang kuat tekannya sebesar 31,76 Mpa, kekuatannya menurun sebesar 49,8 %. Hal ini berarti semakin banyak kadar pasir silika maka semakin menurun kekuatan tekannya.

Berdasarkan hasil analisa tes tekan diambil komposisi campuran mortar dengan kadar pasir silika 40 % dan kadar semen 60 %. yang digunakan untuk pembuatan benda uji pada pengujian beton dengan mengambil fas 0,4 dan variasi styrofoam 3 %, 3,5 % dan 4 %.

b. Hasil Pengujian Beton

1). Berat Volume

Hasil perhitungan berat volume beton dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Hasil perhitungan berat volume

| KODE | BV B:0,4:40: 60:3 | BV B:0,4:40: 60:3,5 | BV B:0,4:40: 60:4 |
|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Dari uji kuat tekan | 769 | 740 | 716 |
| | 769 | 726 | 706 |
| | 768 | 715 | 711 |
| | 746 | 723 | 716 |
| | 850 | 709 | 692 |
| | 913 | 741 | 664 |
| Dari uji kuat tarik | 802 | 757 | 753 |
| | 805 | 712 | 709 |
| | 809 | 725 | 697 |
| Dari uji kuat lentur | 869 | 799 | 700 |
| | 862 | 798 | 717 |
| | 872 | 801 | 698 |
| Rata-rata BV (kg/m ³) | 819 | 746 | 707 |

Keterangan: BV = Berat Volume;

B:0,4:A:D:E; B = Beton

0,4 = fas (faktor air semen)

A = persentase sps

D = persentase semen;

E = persentase styrofoam

Dari Tabel 12. ditunjukkan bahwa berat volume rata-rata beton dengan kadar styrofoam 3% sebesar 819 kg/m³ dan beton dengan kadar styrofoam 3,5 % sebesar 746 kg/m³ serta beton dengan kadar styrofoam 4 % sebesar 707 kg/m³. Ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar styrofoam dalam beton maka berat volumenya semakin kecil (Iman Satyarno, 2004). Hal ini disebabkan karena berat mortar berbanding terbalik dengan berat styrofoam dengan volume beton yang sama. Jika berat styrofoam lebih besar maka berat mortar akan lebih kecil untuk menempati volume beton yang sama.

2). Kuat Tekan

Hasil tes kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil tes kuat tekan beton

| No | Kode | Berat Volume Rata-rata (kg/m ³) | Kuat Tekan Rata-rata (MPa) |
|----|------------------|---|----------------------------|
| 1 | BC:0,4:40:60:3 | 803 | 1,982 |
| 2 | BC:0,4:40:60:3,5 | 726 | 1,367 |
| 3 | BC:0,4:40:60:4 | 701 | 1,218 |

Keterangan kode benda uji kuat tekan beton :

BC:0,4:A:D:E, B = Beton ;

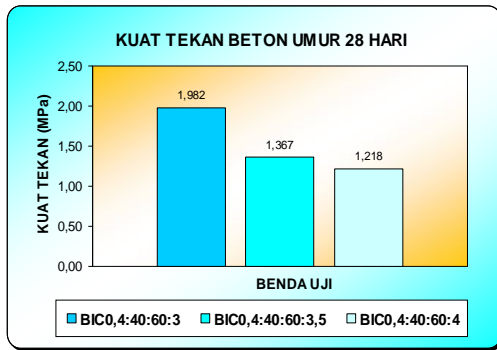
C = *Compressive* (untuk kuat tekan)

0,4 = fas (faktor air semen)

A = persentase sps

D = persentase semen;

E = persentase styrofoam



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan



Gambar 4. Grafik hubungan antara Berat Volume dengan Kuat Tekan beton

Dari Gambar 3. dapat diketahui bahwa kuat tekan hancur beton rata-rata dengan kadar styrofoam 3% sebesar 1,982 MPa dan beton dengan kadar styrofoam 3,5 % sebesar 1,367 MPa serta beton dengan kadar styrofoam 4 % sebesar 1,218 MPa. Ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar styrofoam dalam beton maka kuat tekannya semakin kecil (Iman Satyarno, 2004). Hal ini disebabkan karena mortar yang mengikat styrofoam volumenya akan lebih kecil jika kadar styrofoam diperbesar. Dengan kata lain berat volume beton akan berkurang. Sehingga beton menjadi kurang padat dan hal ini menyebabkan kuat tekan beton akan berkurang (lihat gambar 4. grafik hubungan antara berat volume beton dengan kuat tekannya). Semakin besar berat volumenya maka semakin besar pula kuat tekan yang dihasilkan oleh beton.

3). Kuat Lentur

Hasil tes kuat lentur beton dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil tes kuat lentur beton

| No | Kode | Berat Volume (kg/m ³) | Kuat Lentur rata-rata (Mpa) |
|----|------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1 | BF:0,4:40:60:3 | 867 | 1,080 |
| 2 | BF:0,4:40:60:3,5 | 799 | 0,960 |
| 3 | BF:0,4:40:60:4 | 705 | 0,840 |

Keterangan kode benda uji kuat lentur beton :

BF:0,4:A:D:E, B = Beton;

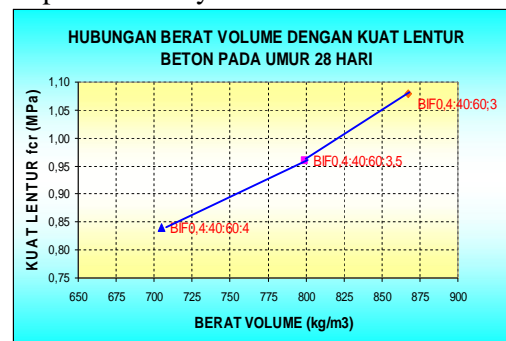
F = *Flexural* (untuk kuat lentur)

0,4 = fas (faktor air semen)

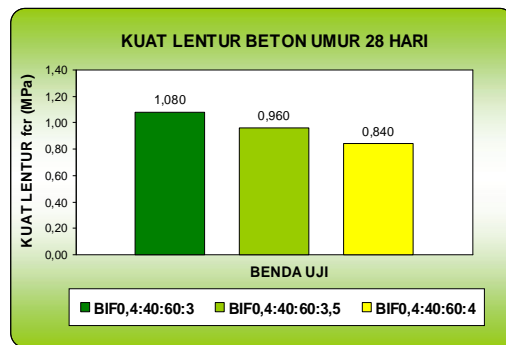
A = persentase sps;

D = persentase semen

E = persentase styrofoam



Gambar 5. Grafik Hubungan Berat Volume dengan Kuat Lentur



Gambar 6. Grafik Kuat Lentur Beton

Dari Tabel 14. dan Gambar 6. dapat dilihat hasil tes kuat lentur beton, dimana kadar styrofoam 3 % menghasilkan kuat lentur rata-rata sebesar 1,080 MPa dan berat volume rata-rata sebesar 867 kg/m³. Untuk kadar styrofoam 3,5 % menghasilkan kuat lentur rata-rata sebesar 0,960 MPa dan berat volume rata-rata sebesar 799 kg/m³ dan untuk

kadar styrofoam 4 % menghasilkan kuat lentur rata-rata sebesar 0,840 MPa dan berat volume rata-rata sebesar 705 kg/m³. Ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar styrofoam dalam beton maka kuat lenturnya semakin kecil (Iman Satyarno, 2004) dan juga semakin kecil berat volume beton, akan menghasilkan kuat lentur yang lebih lebih kecil pula (lihat gambar 5.). Hal ini disebabkan karena berat volume beton yang kecil berarti beton kurang padat karena mortar untuk mengikat styrofoam lebih sedikit sehingga membuat beton lebih banyak terdapat pori-porinya dibandingkan dengan beton yang berat volumenya lebih besar.

4) Kuat Tarik

Hasil tes kuat lentur beton dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil tes kuat tarik beton

| No | Kode | Berat Volume (kg/m ³) | Kuat Tarik rata-rata (Mpa) |
|----|------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1 | BT:0,4:40:60:3 | 805 | 0,297 |
| 2 | BT:0,4:40:60:3,5 | 732 | 0,263 |
| 3 | BT:0,4:40:60:4 | 720 | 0,255 |

Keterangan kode benda uji kuat lentur beton :

BT:0,4:A:D:E, B = Beton;

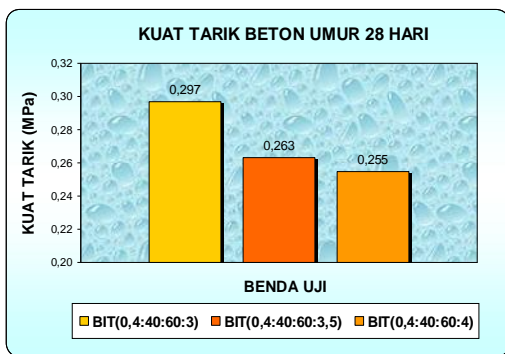
T = *Tensile* (untuk kuat tarik)

0,4 = fas (faktor air semen)

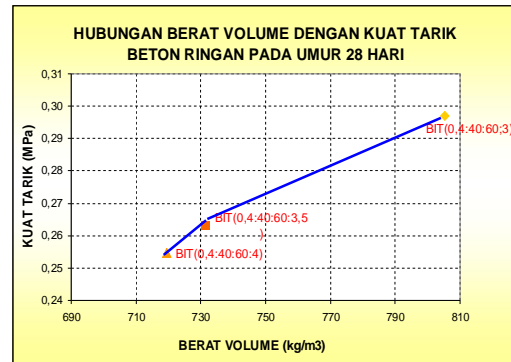
A = persentase sps ;

D = persentase semen

E = persentase styrofoam



Gambar 7. Grafik Kuat Tarik Beton



Gambar 8. Grafik Hubungan Berat Volume dengan Kuat Tarik Beton

Dari Gambar 7. dan Gambar 8. dapat dilihat bahwa kuat tarik beton rata-rata dengan kadar styrofoam 3 % sebesar 0,297 MPa dengan berat volume rata-rata 805 kg/m³ dan beton dengan kadar styrofoam 3,5 % sebesar 0,263 MPa dengan berat volume rata-rata 732 kg/m³ serta beton dengan kadar styrofoam 4 % sebesar 0,255 MPa dengan berat volume rata-rata 720 kg/m³. Jika dibandingkan dengan kuat tarik beton dengan kadar styrofoam 3 % maka untuk beton dengan kadar styrofoam 3,5 % kuat tariknya mengalami penurunan sebesar 11,45 % dan untuk beton dengan kadar styrofoam 4 % kuat tariknya mengalami penurunan sebesar 14,14 %. Ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar styrofoam dalam beton maka berat volume dan kuat tariknya semakin kecil. Berat volume kecil berarti beton kurang padat yang menyebabkan lebih banyak terdapat pori-pori pada beton, sehingga kuat tarik akan lebih kecil.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pasir silika yang berasal dari Tuban yang telah dihaluskan (22,44 % tertahan saringan no.325) dapat digunakan sebagai campuran beton tetapi hanya sebagai pengisi (filler) saja bukan sebagai pozzolan.

2.

| Hasil Tes | B:0,4: 40:60: 3 | B:0,4: 40:60: 3,5 | B:0,4: 40:60: 4 |
|--|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Berat Volume rata-rata (kg/m^3) | 819 | 746 | 707 |
| Kuat Tekan (Mpa) | 1,982 | 1,367 | 1,218 |
| Kuat Lentur (MPa) | 1,080 | 0,960 | 0,840 |
| Kuat Tarik (MPa) | 0,297 | 0,263 | 0,255 |
| Beton ringan nonstruktural | | | |

Berdasarkan syarat penggunaan beton ringan untuk nonstruktur yaitu berat jenis (berat volume) antara 240 kg/m^3 sampai 800 kg/m^3 dan kuat tekan antara 0,35 MPa sampai 7 MPa yang fungsinya untuk dinding panel atau dinding isolasi (Iman Satyarno, 2004), maka beton dengan kadar styrofoam 3,5 % dan 4 % saja yang bisa dikategorikan sebagai beton ringan nonstruktur tersebut. Sedangkan untuk beton kadar styrofoam 3 % tidak dikategorikan sebagai beton ringan nonstruktur karena berat volumenya melebihi 800 kg/m^3 (berat volume rata-rata 819 kg/m^3) walaupun dari segi kuat tekannya memenuhi bahkan paling besar nilainya yaitu 1,982 MPa.

3. Komposisi campuran beton ringan dengan 40 % pasir silika dan 60 % semen serta kadar styrofoam 3,5 % atau 4 % yang menggunakan faktor air semen 0,4 dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan dinding panel/isolasi.

SARAN

Saran-saran yang dapat diberikan adalah :

1. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai dinding panel beton ringan dari proporsi campuran hasil penelitian ini
2. Melakukan penelitian perbandingan kekuatan yang menggunakan styrofoam parut (limbah) dengan styrofoam fabrikasi
3. Mencoba beberapa tingkat kehalusan pasir silika untuk mengetahui lebih

lanjut pengaruh kehalusannya terhadap kekuatan beton

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 2003. "Concrete and Aggregates". **Annual Book of ASTM Standard**, Philadelphia.
- Bilmeyer, Jr, FW. 1984." Text Book of Polymer Science". **Third Edition**, John Wiley & Sons, Inc.,Singapore.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. **Metode, Spesifikasi dan Tata Cara. Bagian 3**, Jakarta.
- Crawford,R.J. 1998." Plastic Engineering". **Third Edition**.
- Jovanovic, D. and Kostic, R. 2002."Products of Separation of Building Constructions Elements Made by Expanded Polystyrene at the Effect of Conflagration and Their Influence to One's Organsm". **University of Nis, Faculty of Occupational Safety**, Podgorica.
- Koentjoro, H. 1993. "Studi Awal Pemanfaatan Serbuk Silika sebagai Campuran Peningkat Kekuatan Beton". <http://puslit.petra.ac.id/research/research%20papers/civil/93/pen-civ93-01.htm>.
- Mulyono, T. 2003. **Teknologi Beton**. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Praktikum Teknologi Beton (Konstruksi Beton I, SI 1522). **Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan ITS**, Surabaya.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara

([Http://www.tekmira.esdm.go.id/kp/InfomasiPertamb/index.asp](http://www.tekmira.esdm.go.id/kp/InfomasiPertamb/index.asp))

Satyarno, I. 2004. “Penggunaan Semen Putih untuk Beton Stryofoam Ringan (BATAFOAM)”. **Laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.**

Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.**

Tjokrodimuljo, K. 1996. **Teknologi Beton.** Yogyakarta : Penerbit Nafiri.

